

FILMDOZIMETRIJA X-ZRAČENJA I GAMA-ZRAČENJA

MIRKA FUGAŠ i L. JENČEK

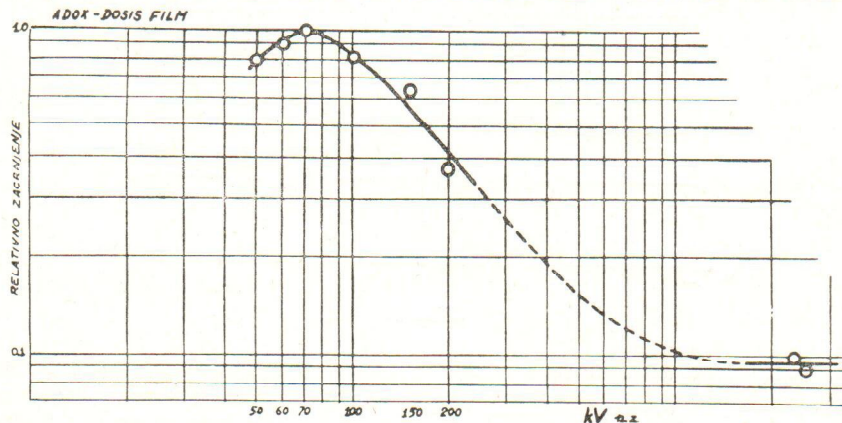
*Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu i Fizikalni institut
Medicinskog fakulteta, Sveučilišta u Ljubljani*

(Primljeno 15. XII. 1959.)

S obzirom na promjenljivu osjetljivost filmske emulzije za zračenje energije ispod 0,5 MeVa ne može se direktno ocijeniti doza iz gustoće zacrnenja filma nepoznate ekspozicije, nego tek primjenom metalnih filterova i kombinacijom gustoće zacrnenja onih dijelova filma, koji su bili pokriveni filterovima, i nepokrivenih dijelova. Orijentaciono su ispitane tri takve metode za ocjenjivanje doza, pa je razmotrena njihova upotrebljivost za rutinsku filmdozimetriju.

Kako bismo pronašli najprikladniju metodu za rutinsko određivanje primljene doze X-zračenja i gama-zračenja pomoću filmdozimetara, izvršili smo orijentaciona ispitivanja s Adox-Dosis dozimetrijskim i s Ferrania zubnim rentgen-filmovima.

Adox filmovi su bili eksponirani dozama od 0,1 do 2,0 r, a Ferrania, zbog mnogo veće osjetljivosti, dozama od 0,05 do 0,4 r, i to kod 50, 60, 70, 100, 150 i 200 kV »normalnog zračenja« (dalje u tekstu n. z.) – prema definiciji Wachsmanna (1) – na Siemensovu »Stabilipanu« u udaljenosti od 200 cm. Doze su bile kontrolirane Victoreen Condenser-

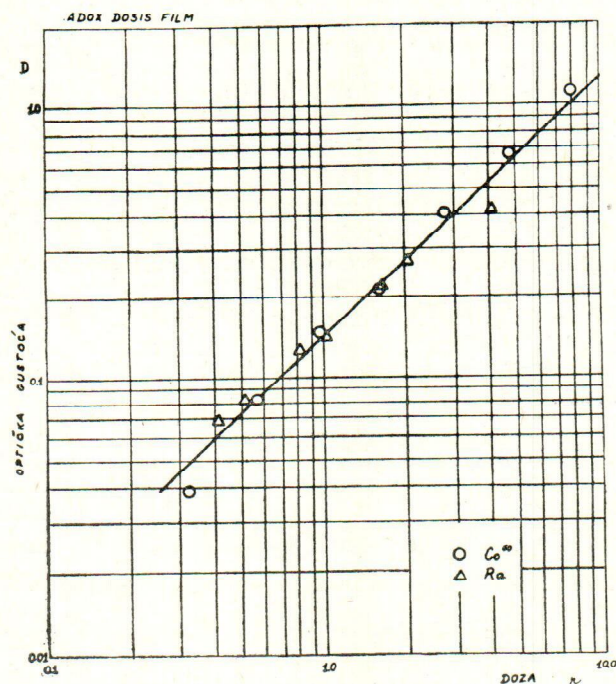


Slika 1

* Referat održan na III sastanku stručnjaka za higijenu rada u septembru 1958. g.

r-meterom. Filmovi su bili razvijeni u EFKA razvijaju za rentgenske filmove, a gustoće zacrnenja su mjerene EEL denzitometrom.

Ovisnost gustoće zacrnenja emulzije od energije zračenja – za istu dozu – koju smo dobili za Adox filmove, slaže se s podacima drugih autora (3) (4) (5) (11) (12), a prikazana je na slici 1. Maksimalnu gustoću zacrnenja za istu dozu nalazimo kod 70 kV n. z., a to prema Wachsmannovoj definiciji odgovara 35 keVa efektivne energije, dakle otprilike graničnoj vrijednosti K linije atoma srebra (4) (14). Iznad otprilike 0,5 MeVa reakcija filma postaje praktički neovisna od energije. U tom području moguće je ocijeniti dozu iz baždarne krivulje, dobivene ekspozicijom filmova poznatom izvoru zračenja bilo koje energije. Rezultate, koje smo dobili ekspozicijom filmova radiumu i kobaltu-60 mogu se, na primjer, sasvim dobro prikazati jedinstvenom krivuljom (slika 2).



Slika 2

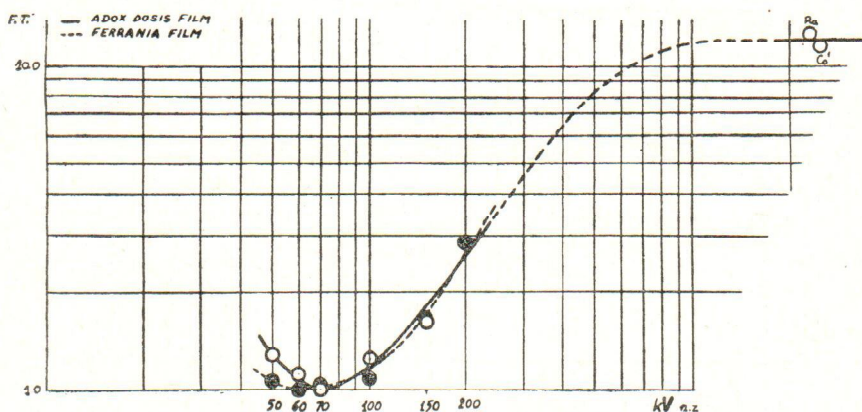
Želimo li ocijeniti dozu iz gustoće zacrnenja filmova izloženih zračenju nižih energija, moramo znati, o kojoj se energiji radi, inače se može učiniti vrlo gruba griješka. Da bi se ipak mogla dovoljno točno ocijeniti doza i kad nije poznata energija zračenja, kojem je osoba, koja je nosila filmdozimetar, bila izložena, pojedini autori su razvili različite metode, koje se sve zasnivaju na upotrebi metalnih filtrova.

Neki zaključuju na energiju zračenja iz omjera gustoće zacrnenja filma ispod filtra prema zacrnenju bez filtra, a čim je energija poznata, doza se očitava iz odgovarajuće baždarne krivulje (2) (5) (6) (7). Ako je film bio izložen zračenju različitih energija, onda ta metoda ne vrijedi. U tom slučaju možemo dobiti prilično dobru aproksimaciju prave doze, poslužimo li se ovim postupkom: 1. Treba primijeniti nekoliko filtera od istog materijala različite debljine; 2. za gustoću zacrnenja svakog polja na jednom filmu očitamo prividnu dozu iz baždarne krivulje za 70 kV; 3. izračunamo omjere tih prividnih doza, pa grafičkom ekstrapolacijom dobijemo udio zračenja različite tvrdoće na zacrnenje filma. Zbrojimo li doze, očitane za pojedine komponente zračenja, dobivamo približno ukupnu dozu, koju je primio film (5). No ta je metoda suviše komplicirana za rutinski rad.

Drugi autori nastoje pomoću filterova nivelirati krivulju ovisnosti gustoće zacrnenja emulzije od energije zračenja (8) (9) (10) (11) (13).

Mi smo u svom radu sve filmove izlagali u bakelitnim kazetama sa tri bakrena filtra različite debljine (0,05 mm, 0,5 mm i 1,2 mm), malim olovničkim filtrom od 0,5 mm i prozorom bez filtra (slika 3).

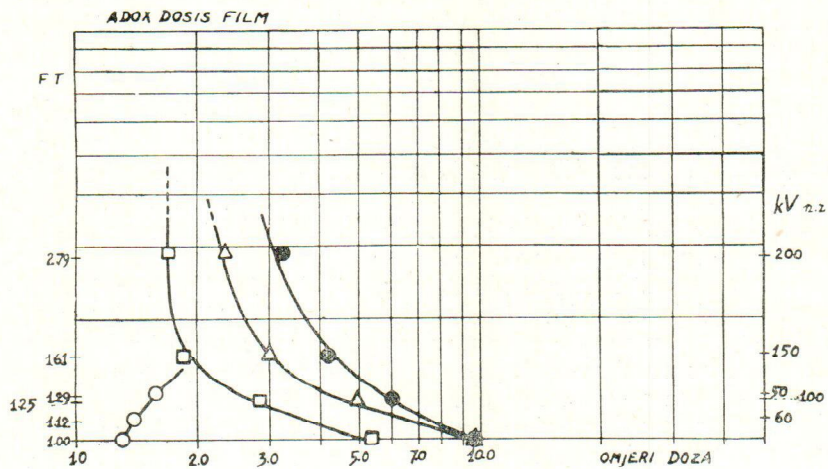
Za ilustraciju prikazani su na slici 4 Adox filmovi eksponirani dozi od 0,8 r X-zračenja kod 50, 70 i 200 kV n. z. Dok je u polju bez filtra najjače zacrnenje kod 70 kV, a porastom energije postaje sve slabije, dotle su polja ispod filtera to tamnija, što je zračenje tvrđe. Na slici 5 prikazana je razlika u osjetljivosti između Adox filma i Ferrania filma. Oba filma bila su eksponirana dozi od 0,2 r kod 50 kV. Na slici 6 prikazana je tipična slika filma eksponiranog zračenju energije preko 1 MeV. Polje ispod Pb filtra jednako je tamno kao i ispod najtanjeg Cu filtra, zbog sekundarnog zračenja.



Slika 7

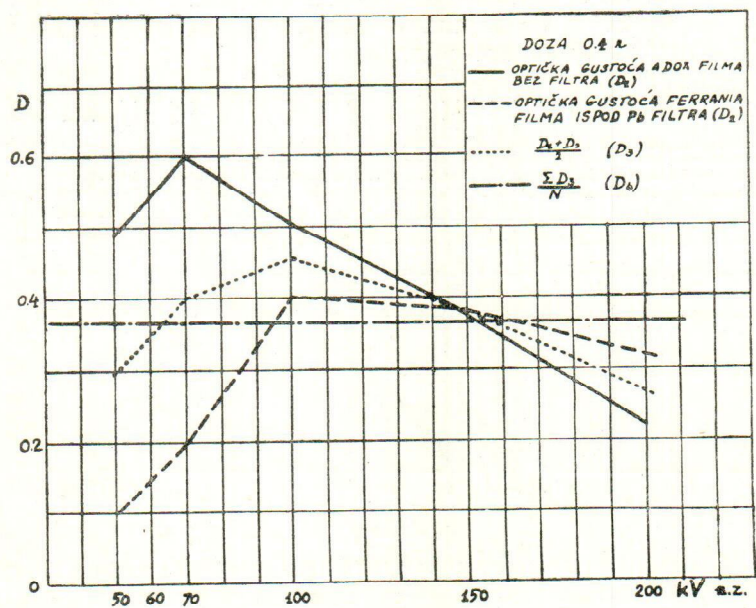
Podaci o gustoći zacrnenja pojedinih polja obrađeni su na dva načina: najprije smo ih obradili prema Dresselovoj metodi (5), t. j. izračunali smo faktore tvrdoće zračenja za pojedine energije (faktor tvr-

doće = omjer doze kod bilo koje energije zračenja, naprama dozi kod 70 kV n. z. za isto zacrnjenje) (12) (2); to je prikazano na slici 7. Izračunali smo i omjere prividnih doza, ocijenjenih iz gustoće zacrnjenja

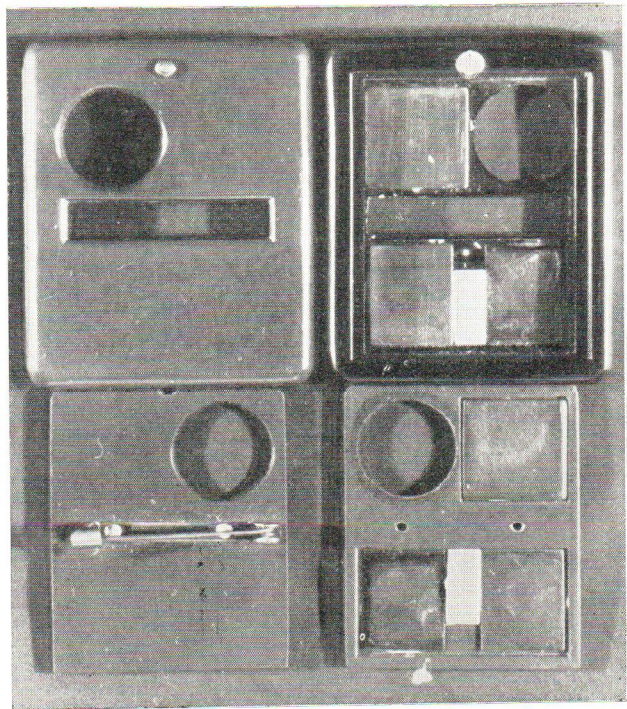


Slika 8

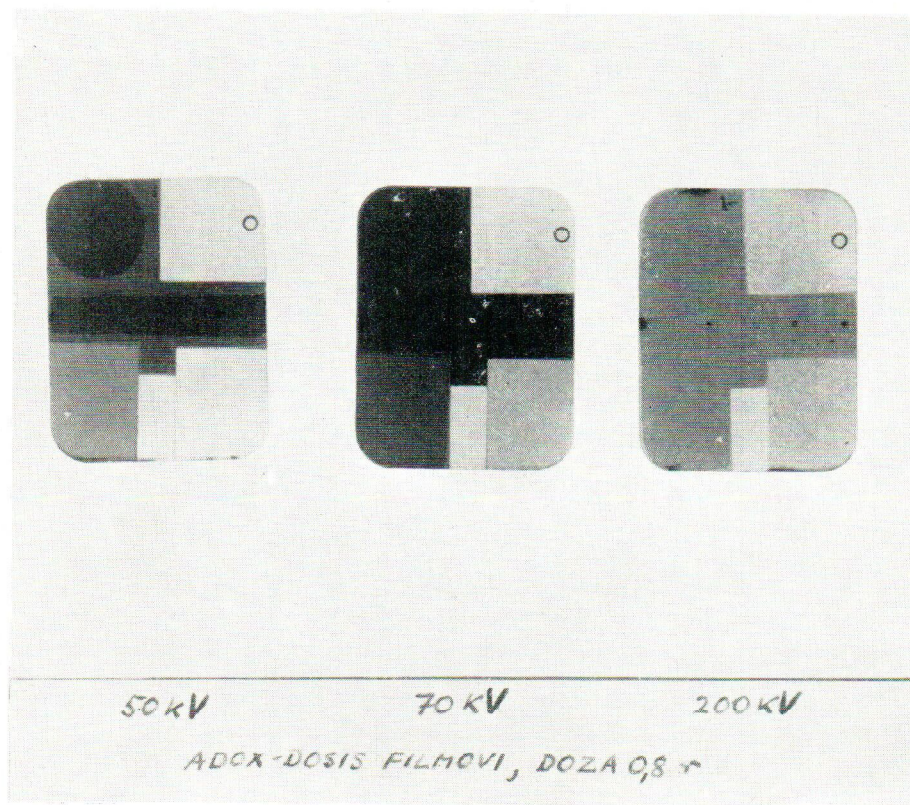
polja bez filtra i pojedinih polja s filtrovima (slika 8). Postupak za ocjenjivanje doza prema Dresselu je ovaj: na densitometru se očitava



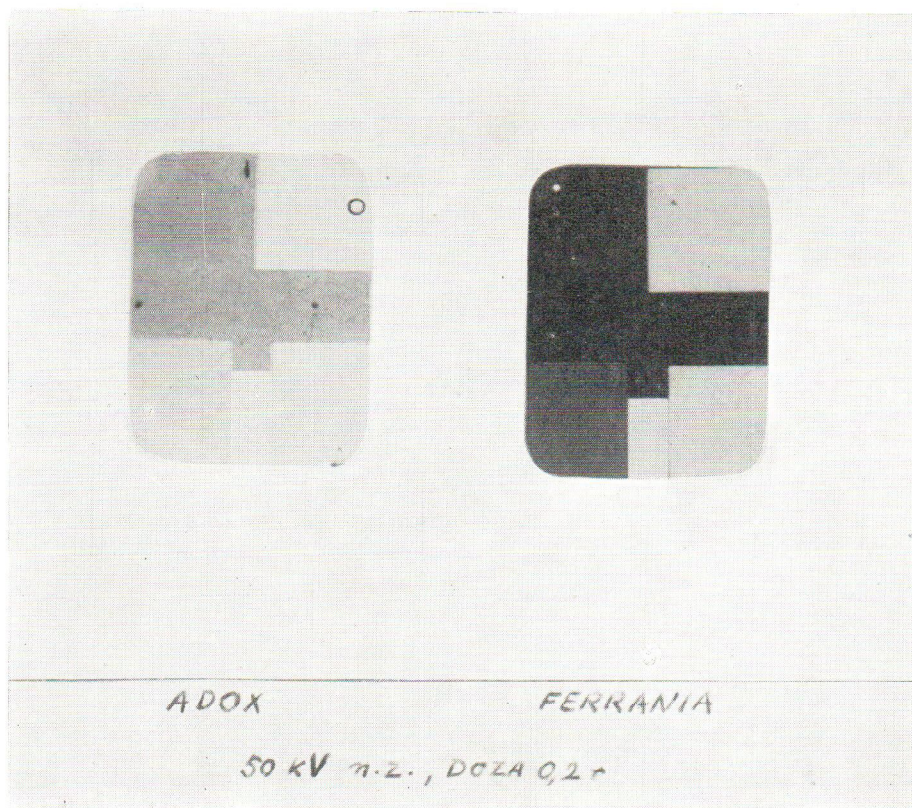
Slika 9



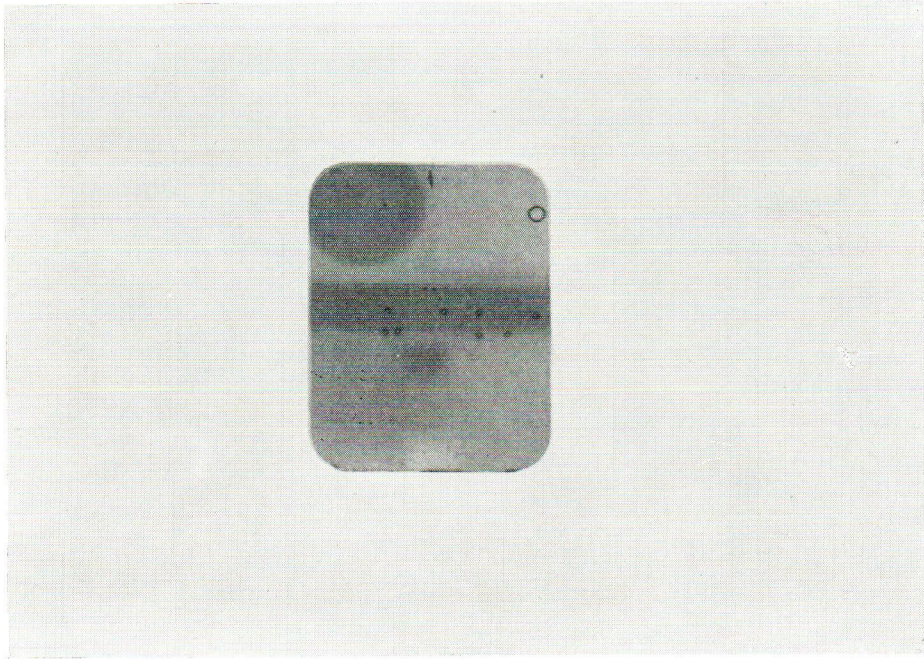
Slika 3



Slika 4



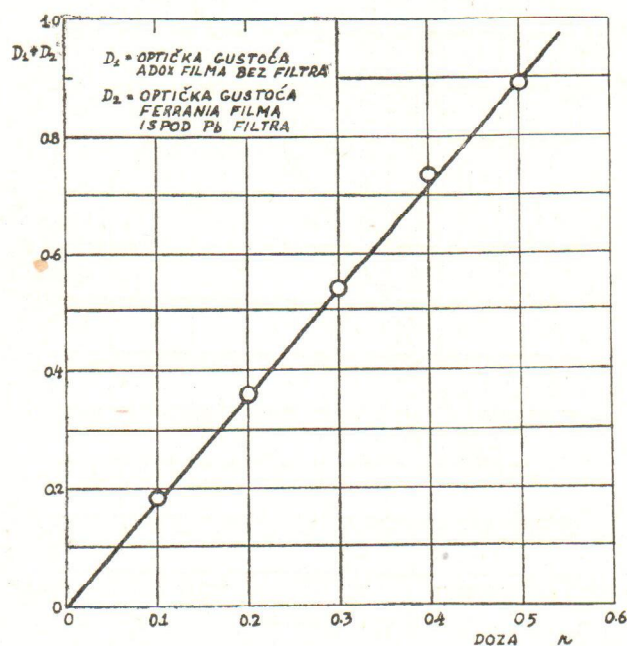
Slika 5



Slika 6

gustoća zacrñjenja za svako polje; iz baždarne krivulje za 70 kV n. z. očita se prividna doza za svako polje. Izračunaju se omjeri prividnih doza i iz njih očita na dijagramu – koji prikazuje ovisnost između omjera doza i faktora tvrdoće – odgovarajući faktor tvrdoće, s kojim treba pomnožiti prividnu dozu za polje bez filtra, da bi se dobila prava doza. Metoda je prilično točna, ali i vrlo komplicirana.

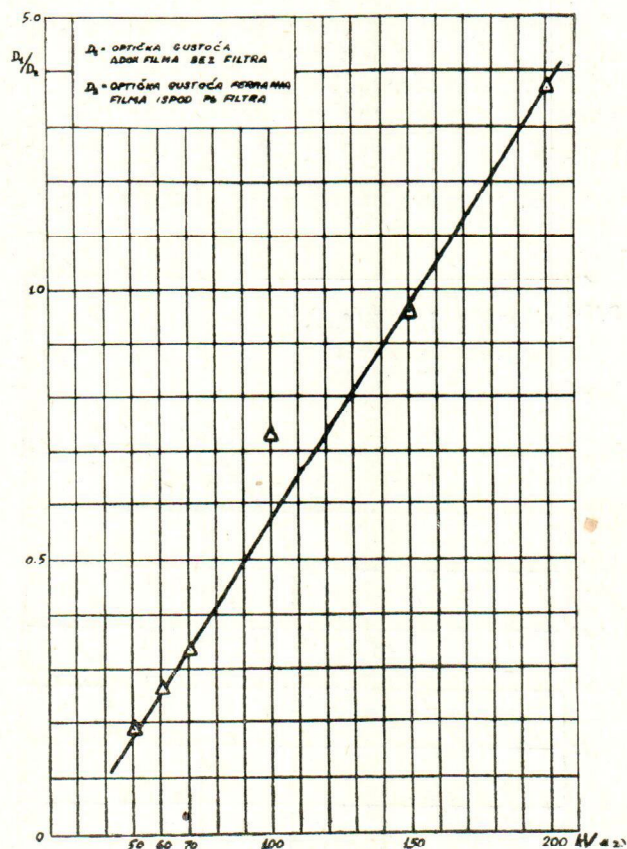
Isti rezultati obrađeni su i na drugi način (10): korištene su samo gustoće zacrñjenja Adox filma bez filtra i Ferrania filma ispod Pb filtra, i to za doze od 0,1–0,5 r. Na slici 9 prikazana je ovisnost gustoće zacrñjenja od energije zračenja za Adox film bez filtra i Ferrania film ispod Pb filtra za dozu 0,4 r. Krivulje se djelomično ukrštavaju, i ta je pojava korištena za niveliranje krivulje, tako da je za svaku energiju nanescena srednja vrijednost između gustoće zacrñjenja Adox filma i Ferrania filma ispod Pb filtra, i to je prikazano točkastom linijom. Ravna linija predstavlja srednju vrijednost svih kombiniranih rezultata. Očito je, da se tom metodom smanjuje ovisnost gustoće zacrñjenja od energije zračenja. Prema navodima autora te metode, van Stekelen-



Slika 10

burga, koji je međutim radio s filmovima Illford PM 1 i PM 3, te Gevaert Osray i Gevaert Structurix D 4 – osjetljiviji film između 2 filtra od 2 mm kositra – rezultati ne odstupaju u prosjeku za više od 20% od linije srednje vrijednosti, a to se može tolerirati u rutinskoj filmdozimetriji. Naša orijentaciona ispitivanja dala su slične rezultate.

Prikažemo li ovisnost srednjih vrijednosti kombiniranih gustoća zacrnljenja od doze, uzduž cijelog ispitivanog energetskeg područja, dobivamo pravac (slika 10), iz kojega možemo – s odgovarajućom pogreškom – očitati dozu za bilo koju energiju, a isto tako i za miješano zračenje. Ako treba znati, o kojoj se energiji radi, taj podatak se može dobiti iz omjera optičkih gustoća Adox filma bez filtra i odgovarajućeg Ferrania filma ispod filtra (slika 11).



Slika 11

Za područje iznad 100 kV n. z. doza se može dosta točno ocijeniti samo na temelju očitavanja gustoće zacrnljenja Ferrania filma ispod Pb filtra iz jedne univerzalne krivulje. I to je jedno rješenje (13).

Već na temelju ovih prethodnih ispitivanja, čini se, da bi za rutinski rad metoda po van Stekelenburgu zadovoljavala, no tek kad završimo sistematska ispitivanja, moći ćemo dati naš konačni sud.

LITERATURA

1. Wachsmann, F., Strahlentherapie 83 (1950) 41.
2. Langendorff, H., Spiegler, G. und Wachsmann, F., Fortschr. Röntgenstr. vereinigt mit Röntgenpraxis 77/2 (1952) 144.
3. Elrich, M., National Bureau of Standards Handbook 57.
4. Wilsey, R. B., Radiology 56 (1951) 229.
5. Dressel, H., Fortschr. Gebiete Röntgenstrahlen u. Nuclearmed. 84 (1956) 214.
6. Tochilin, E., Davis, R. H. and Clifford, V. J., Am. J. Roentgenol. Radium Therapy 64 (1950) 475.
7. Baker, R. and Silverman, L. B., Nucleonics 7 No 1 (1950) 26.
8. Erlich, M. and Fitch, S., Nucleonics 9 No 3 (1951) 5.
9. Deal, L. J., Robertso, J. H. and Day, F. H., Am. J. Roentgenol. Radium Therapy Nuclear Med. 59 (1948) 731.
10. van Stekelenburg, L. H. M., Nucleonics 16 No 6 (1958) 83.
11. Dealler, J. F. B., Jones, B. E. and Smith, E. E., Occup. Safety and Health VIII No 3 (1958) 3.
12. Dorneich, M. und Schaefer, H., Physik. Zeitschr. XLIII (1942) 390.
13. Behounek, F., Klumpar, J., Koči, J., Jiroušek, P., Czechosl. Journ. Phys 7 (1957) 599.
14. Seemann, H. E., The Review Scient. Instr. 21 (1950) 314.

Summary

PHOTOGRAPHIC DOSIMETRY OF X AND GAMA RAYS

Preliminary investigations of »Adox« and »Ferrania« dosimetric and dental X-ray films respectively, have been carried out by exposing the films to the »normal radiation« (Wachsmann) of 50 to 200 kV on a Siemens »Stabilipan«. During exposure the films were put into bakelite film badges containing 3 copper filters of different thickness (0.05, 0.5 and 1.2 mm), one lead filter (0.5 mm), and an open window. Doses were measured by a Victoren Condenser -r- meter. The films were developed in an »EFKA« developer for X-ray films, while the optical density was measured by an »EEL« densitometer.

Calibration curves were established giving relationship between the optical density and the radiation dose for 50, 60, 70, 100 and 200 kV of normal radiation. A curve showing the relation of the film response to the radiation energy and curves concerning the »hardness factor« and dose ratios (Dressel) were plotted. The possibility of reducing the dependence of the film response on radiation energy has been examined by the estimation of the dose (1) from the sum of the densities of a less sensitive film without filter and a more sensitive film with filter (Stekelenburg) and (2) from the film blackening beneath the Pb filter only (Behounek and others). Both methods decrease the dependance of film response on the radiation energy enabling the estimation of the dose for any of the energies from a single calibration curve. The method for the estimation of the dose by identifying the radiation energy by means of dose ratios and the hardness factor seems to be the most accurate, but too complicated for routine work. Van Stekelenburg's method is likely to be the most promising for practical work.

*Institute for Medical Research (incorporating
the Institute of Industrial Hygiene), Zagreb*

and

*Institute of Physics, Medical Faculty,
University of Ljubljana, Ljubljana*

*Received for publication
December 15, 1959*